

電場・磁場および電磁場の許容基準の提案理由

1998(H. 10)年

1. 静磁場

1) 定義

0-0.25 Hz 以下の磁場を指す。

2) 測定法

測定はベクトルの最大値を採る(3軸を備えたプローブでは、最大値 $=\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ が1回の測定で得られる)。

3) 発生源としての主な装置・作業

MRI, 電解装置, 励磁装置, 粒子加速器, 直流発電機, 泡箱, アイソトープ分離装置, 超電導磁気浮上式鉄道, 超電導推進船, 熔融炉制御, 核融合実験装置, 磁気流体発電, 海底電線敷設など

4) 許容値

四肢への安全率を2.5とする。また、最大許容値への曝露は1時間以内とする。

	許容値	最大許容値
頭部・軀幹	200 mT ($1.63 \times 10^4 \text{ Am}^{-1}$)	2T
四肢	500 mT	5T

5) 設定の根拠

①ヒトの曝露例

加速器の泡箱やサイクロトロンで調整で2Tの静磁場に曝露される機会は物理学者には珍しくなく、1962年にアンケートで天井値として2Tには耐えられる、特に問題はなさそうだとの報告がある¹⁾。4TのMRI試作機でボランティアを使って全身を曝露させた実験では、磁場内で頭を動かすと目眩、悪心、舌の金属味があったが、臨床的な不具合はなかった²⁾。Marshらが電解工業の320人を調査した報告³⁾では、白血球像の正常範囲のわずかなずれ以外に特に問題となる所見は見出されなかった。

②動物実験の例

3-5Tの強磁場へ2日の曝露ではマウスは動きが少なく、餌水の摂取が少なく1時的な体重の減少が認められた⁴⁾。ショウジョウバエの0.6T静磁場への24時間曝露では、DNA損傷修復欠損株では体細胞異常による雄バエの減少があったが、正常のハエでは認められなかった⁵⁾。さらにこのDNA損傷修復欠損株を用いた試験で、5Tへ24時間の曝露でwing spot test(翅の細胞の変異の組替え率を見る試験)で同じく修復欠損株では組替え率が増えるが、正常のハエでは変化がなかった⁶⁾。

③電磁気理論から

a) 磁場内で誘導される渦電流密度の推定式($J = Bf\pi r\sigma$)から、200 mTの静磁場で0.2mを1秒で往復する動きを考えると、Jの値は 12.6 Am^{-2} (磁束密度; $B=0.2$, 周波数; $f=1$, 動いた距離の半分; $r=0.1$, 伝導度; $\sigma=0.2$)となる。これは1Hzの変動磁場の許容磁束密度50 mT(後述)の4倍の電流密

度値を生じ、かなり高い値である。本案では基本制限値(最大許容値)に対して約30倍の安全率を採っている。200 mTの静磁場でもその誘導電流値は考慮に値し、許容値の上限は無制限にはあげられないと考えられる。

b) Kolinの式($V = \mu Hdv10^{-8}[\text{volt}]$)⁷⁾によれば、200 mTの静磁場によって大動脈弓の両端に誘導される電圧は約4 mVとなつてさほど小さいとはいえないが、体外から記録する心電図では約1/20に減少して記録される。しかし、この電位は心機能には特に影響を与えない。

5) 留意点

①多くの心臓ペースメーカ(18社1200以上の製品の87%)は5 mT以下で影響を受けた⁸⁾。本邦の調査報告ではペースメーカに影響を与える最低の磁束密度は1.1 mTであった⁹⁾。その他、電気で作動する体内埋め込み装置や強磁性体を用いた装置・部品もmTのオーダーで影響を受けるので、これらの医療機器装着者は強磁場に近寄らない注意が必要である。本邦では、MRIの設置におけるMRI室外への漏洩磁束密度を0.5 mT以下に抑えるシールドを設計の目安としている。

②3 mTを超える場所では金属片が磁石に向かって飛び可能性がある。酸素ボンベ、医用のメスなど殊に事前の注意・検討が必要である。

2. 低周波の時間変動電場・磁場

1) 定義と生物学的効果

0.25 Hz-100 kHz以下の電磁場で、産業に応用される装置の多くは電場と磁場の比(インピーダンス)が一定せず電場と磁場が混在した状態である。生体への効果は主として体内に生じた誘導電流による。神経や筋の刺激がもっとも著明であり、この効果を規制の基準としている。1 Hz以下の電場には許容値を設けない。

2) 発生源としての主な装置・事業

商用発電・変電・送電, 工業用動力, 交流交通機関, 電気溶接, パルス磁場生体刺激装置, EPI(echo planar imager), 金属熔融炉, 金属加工など

3) 許容値(rms実効値, 1日作業時間の平均値, fは頭書の周波数)

周波数	電場	磁束密度	磁場強度
0.25-1.0 Hz			
1.0-25 Hz	20 k Vm ⁻¹	50/f [mT]	4.08 × 10 ³ /f [Am ⁻¹]
25-500 Hz	500/f [kVm ⁻¹]		
500-814 Hz		0.1 mT	81.4 [Am ⁻¹]
0.814-60 kHz	614 Vm ⁻¹		
60-100 kHz		6/f [mT]	4800/f [Am ⁻¹]

電場・磁場とも、許容値は基本制限値の1/3に設定されている(後述)ので、これらの値の3倍を最大許容値と考えることができるが曝露は短時間であること。

4) 設定の根拠

①in vivo 及び in vitro 実験で、低周波域では 100-1000 mA m^{-2} の電流密度で末梢及び中枢神経系を刺激できることが知られている¹⁰⁾。したがって、許容値は人体内にこの電流密度の 1/10 (基本制限値) を生じさせる時間変動電場・磁場のレベル以下であるような電場・磁場の強度である。本案は、4) ③・④の導入法に示すように基本制限値のさらに 3 分の 1 の誘導電流値を得るレベルに設定している。また、パルス間隔が t_p のパルス磁場の場合、周波数を $f=1/(2t_p)$ で近似する。(f は頭書の周波数)

基本制限値表

周波数範囲	誘導電流密度 [mA m^{-2}]
0.25-1.0 Hz	40 (ただし、電場はなし)
1.0-4.0 Hz	40/f (周波数)
4.0 Hz-1 kHz	10
1.0-100 kHz	f/100

②電導体に誘導されそこから流れる接触電流が次に示すレベル以下であること。この値は、低周波域では痛みを感じる限界値である¹¹⁾。

周波数	電流値 [mA]
2.5 kHz まで	1.0
2.5-100 kHz	0.4 f

③時間変動電場許容値の導入法

電場によって誘導される電流の大きさに関わる大きな要因は次の 3 点とされる¹²⁾。すなわち、①導体の形、②体内の標的器官の位置と向き、③電場に対する体位の取り方である。この電場に対する標的臓器の位置と形は一般的なモデルの形状要因 k として、 $J=kfE$ によって誘導電流が推定されている。 k の単位は [S Hz $^{-1}m^{-1}$]、 f は周波数、 E は電場強度 [Vm $^{-1}$; rms] である。DIN/VDE-89¹³⁾ は、Bernhardt の理論的なモデルの総説¹⁴⁾ を参考にして頭と心臓部分の k の値として $3 \times 10^{-9} \text{SHz}^{-1}m^{-1}$ を与えている。その後 Dimbylow¹⁵⁾ が食塩水を満たした人体モデルから評価する手法を示し、CENELEC¹⁶⁾ はこの結果から心臓部分の形状要因を $6.7 \times 10^{-9} \text{SHz}^{-1}m^{-1}$ とした。また、NRPB¹⁷⁾ は頸部に誘導される電流を最大と見て、この外部電場と頸部に誘導される推定電流値との関係を 50 Hz で電場 [Vm $^{-1}$] あたり $0.48 \times 10^{-6} \text{Am}^{-2}$ としている。これは、形状要因として $9.6 \times 10^{-9} \text{SHz}^{-1}m^{-1}$ を採用したことによる。このように、電場に対する体位の取り方と標的器官の位置や形状によって推定電流値が大きく異なる。Bernhardt¹⁸⁾ によれば、モデルの取り方でこの値の違いは 30 倍にも達するといひ、一律には論じたい面がある。電場の参考レベルも磁場の場合と同じくかなりの幅があると考えてよいのである。

本案では、周波数に応じた電場強度許容値として $5 \times 10^5/f$ [Vm $^{-1}$] を提案する。電場は磁場に比べると界の容積 (bulk) が大きいので全身を対象の参考レベルとする。ただし、25 Hz 以下を 2×10^4 [Vm $^{-1}$]

814 Hz 以上 10 kHz までを 614Vm^{-1} とする。形状要因とし中間的な NRPB の $6.7 \times 10^{-9} \text{SHz}^{-1}m^{-1}$ を採用すると、50 Hz (10kVm $^{-1}$) における心臓部の誘導電流値は $3.3 \text{mA}m^{-2}$ と推定され、本案は基本制限値の約 1/3 に抑えている。なお本案における磁束密度の時間変化率は、臨床で用いる MRI のエコープレーナー法の非規制帯域と規制帯域の境界である 20T/s¹⁹⁾ の 200 分の 1 に相当する。

④時間変動磁場許容値の導入法

単純な体内誘導回路モデルでは生体に誘導される渦電流密度 (J ; rms) は、電磁誘導の法則から $J=Bf\pi r\sigma$ [Am $^{-2}$] で表される。 B は磁束密度、 f は周波数、 r は磁場に結合する生体の半径、 σ は生体の電導度である。 σ は生体組織によって異なり、脂肪・筋肉・骨・神経等違った値であるが、モデルでは均一と考えてを多くの案では 0.2 [Sm $^{-1}$] とおく。 r は扱う局所・器官によって異なるが、頭部では 0.075 [m]、軀幹では 0.1 ないし 0.2 とおかれる。商用周波数帯において、 J を基本制限値の $10 \text{mA}m^{-2}$ 、 r を 0.1 、 σ を 0.2 とおくと、 $B=159.2/f$ [mT] がえられる。本案では、基本制限値の約 1/3 に抑えるために、0.25 Hz から 500 Hz まで $B=50/f$ [mT] を採用する。

5) 留意点

①白血病や脳腫瘍と電磁場との関係については、現時点では確認されていないとみられこの立場を採る公的機関は多い^{17,20-23)}。本案はこれらの疾病の防護のための許容値設定とはなっていない。

②心臓ペースメーカーは 2 極モードではリード線に誘導される $170 \mu\text{A}$ の電流を感知し、単極モードでは更に低い電流値で機能異常あるいはノイズ逆転モードとなる。この値は通常の生活でも遭遇しうるとされる²⁴⁾ ので、産業現場ではここに示した許容値以下で起こる可能性がある。

③良導体の金属はこの範囲の周波数で誘導される電流のジュール熱によって、思わぬ高温度まで上昇する可能性がある。人工関節・骨頭・聴覚器など比較的大きな金属の体内装置の埋め込み術を受けている人は注意が必要である。

3. 電磁場 (300 GHz 以下)

1) 定義、測定および生物学的効果

0.1 MHz から 300 GHz 以下の放送波 (電波) である。このうち、300 MHz から 300 GHz の範囲をマイクロ波 (主な利用域は 900 MHz-100 GHz) と呼ぶ。十分な遠方界 (波源の [波長]/ 2π より遠方) では、[電場]/[電場]= 377Ω が成り立つので電場あるいは磁場の測定のみで環境評価が可能であるが、測定は以下の文献^{25,26)} 等による正確な手法による必要がある。通信以外に工業用としての応用は、発生源に近く周囲の金属が磁場や電場に影響を与えるので前述の式が成り立たない。生体への影響は誘電加熱による熱効果が主であるが、周波数の低い領域では誘導電流の効果もある。

2) 発生源としての主な装置

誘導加熱装置（金属加工，熔融など），工業用誘電加熱装置（高周波ウェルダ，マイクロ波加熱装置），RF 励起アーク溶接，通信装置・施設（携帯電話，自動車無線，マイクロ波電話回線，衛星通信，各種無線基地，航空管制，軍事通信，各種レーダーなど），医療機器（短波・超短波ディアルター，医用テレメータ，MRI など）

3) 許容値 (rms 実効値，1日作業時間の平均値，f は頭書の周波数)

4) 設定の根拠

①頭部・躯幹の誘導及び接触電流密度が次に示す値以下であること。

周波数	誘導電流密度 (rms)	接触電流密度 (rms)
100 kHz-10 MHz	$f/100$ [$\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$]	40 [mA]

②6分あたりの SAR (比吸収率) が次に示すレベル以下であること。局所の SAR は同質の組織 10g の平均値とする。10 GHz 以上では，身体の深部へ到達しにくく体表面のパワーが高くなるので， $68/(\text{GHz})^{1.05}$ 分あたりの 20 cm^2 の平均電力密度を $50\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 以下とする。

周波数	全身平均 ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$)	頭部・躯幹 ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$)	四肢 ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$)
100 kHz-10 GHz	0.4	10	20

SAR は，10 MHz 以上では $\text{SAR} = \sigma E_i^2 / \rho$ または $\text{SAR} = c_i \times dT/dt$ で求められるが，SAR は均一な密度ではなく，一般的にモデリングは容易ではない。ここで， E_i は体内の電場強度 (V/m)， σ は伝導度 (S/m)， ρ は組織の密度 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)， c_i は組織の熱容量 ($\text{J}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$)， dT/dt は体温の変化率 ($^\circ\text{C}/\text{s}$) である。10 MHz 以下の周波数では，誘導電流密度 (J) も考慮して $\text{SAR} = J^2 / \rho \sigma$ の値を加味する必要がある²⁷⁾。

5) 留意点

①ここで扱うような微弱な高周波電磁場の生体への作用は，現時点では誘導電流および誘電加熱による効果以外は必ずしも明確ではないとみられる²⁸⁻³⁰⁾。

②携帯電話の出力はおおむねこの規制値より低いが，心臓ペースメーカへの影響のある場合があることが報告されている^{31,32)}。

③EMC (electromagnetic compatibility) を防ぐための IEC (International Electrotechnical Commission) の医用機器の基準は，26-1000 MHz で $3\text{V}/\text{m}$ の電場強度に耐えられること (IEC Standard 601-1-2; 1993) となっている。しかし，実際の通信機

器はこれより出力が大きく， $5\text{V}/\text{m}$ の範囲は携帯電話で 0.5-1 m，警察無線で 7-9 m，救急車無線で 5-6 m 以内などとなっている³³⁾。人体はこれらの機器の 20-30 倍の免疫性 (耐性) を持つとみられる。

4. 主な許容値との比較

別表を参照

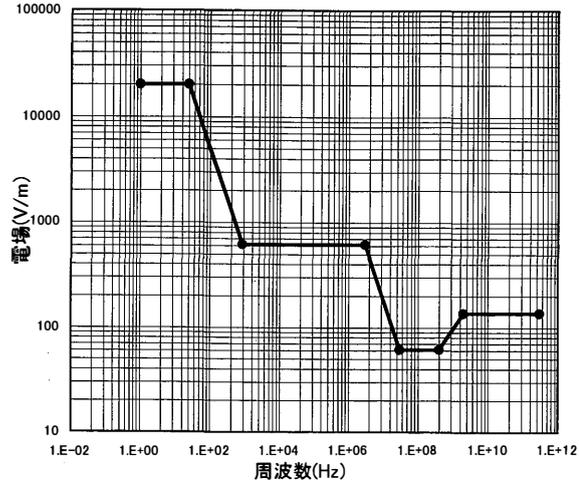


図 1. 電場の許容値

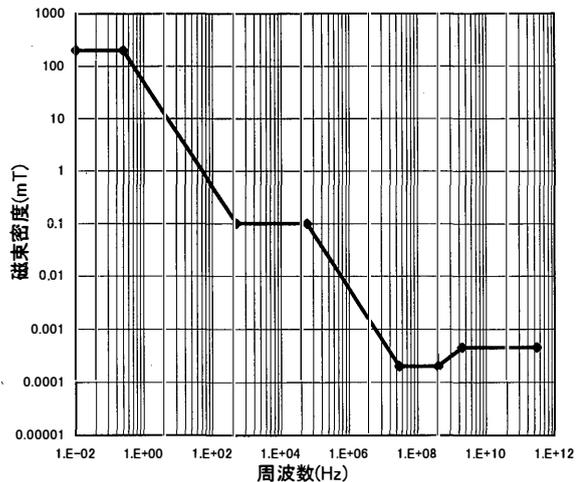


図 2. 磁場の許容値

文献

- 1) Beischer DE. Human tolerance to magnetic fields. *Astronautics* 1962; 7: March 24-25, 46, 48.
- 2) Schenck JF. Health and physical effects of human exposure to whole-body four-tesla magnetic fields during MRI. *Ann N Y Acad Sci* 1992; 649: 285-301.

周波数	電場	磁束密度	磁場強度	電力密度
0.1-3.0 MHz	$614\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$	$6/f$ [μT]	$4.88/f$ [$\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$]	
3.0-30 MHz	$1842/f$ [$\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$]			
30-400 MHz	$61.4\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$	$0.2\ \mu\text{T}$	$0.163\text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$	$10\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
400-2000 MHz	$3.07\text{ f}^{0.5}\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$	$0.01\text{ f}^{0.5}\ \mu\text{T}$	$8.14\text{ f}^{0.5}\text{ m}\cdot\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$	$f/40$ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]
2-300 GHz	$137\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$	$0.447\ \mu\text{T}$	$0.364\text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$	$50\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

- 3) Marsh JL, Armstrong TJ, Jacobson AP, Smith RG. Health effects of occupational exposure to steady magnetic fields. *Am Ind Hygiene Assoc J* 1982; 43: 387-394.
- 4) Tsuji Y, Nakagawa M, Suzuki Y. Five-tesla static magnetic fields suppress food and water consumption and weight gain in mice. *Industrial Health* 1996; 34: 347-357.
- 5) Koana, K Ikehata, M Nakagawa, M: Estimation of genetic effects of static magnetic field by somatic cell test using mutagen sensitive mutants of *Drosophila melanogaster*. *Biochem Bioenerg* 1995; 36: 95-100.
- 6) Koana T, Okada M, Ikehata M, Nakagawa M. Increase in the mitotic recombination frequency in *Drosophila melanogaster* by magnetic field exposure and its suppression by vitamine E supplement. *Mut Res* 1997; 373: 55-60.
- 7) Kolin A. Improved apparatus and technique for electromagnetic determination of blood flow. *Rev Sci Instruments* 1952; 23: 235-242.
- 8) Irnich W, Batz L. Assessment of threshold levels for static magnetic fields affecting implanted pacemakers. Berlin, Germany: Federal Office of Health; Report Fol- 1040-523 EI 5. 1989
- 9) 西村恒彦ほか. NMR 使用環境における植込み型ペースメーカーの動作に関する検討. *NMR 医学*1983; 3: 97-102.
- 10) United Nations Environment Programme / World Health Organization / International Radiation Protection Association. Environmental Health Criteria 69: Magnetic Fields. WHO Geneva. 1987.
- 11) United Nations Environment Programme / World Health Organization / International Radiation Protection Association. Electromagnetic Fields (300 Hz to 300 GHz). Geneva, World Health Organization; Environmental Health Criteria 137; 1993.
- 12) Barnes HC, McElroy AJ, Charkow JH. Rational analysis of electric fields in live line working. *IEEE Trans Power Appar Sys* 1967; PAS-86: 482-492.
- 13) Deutsches Institut für Normung-Verband Deutscher Elektrotechniker. Safety at electromagnetic fields: limits of field strengths for the protection of persons in the frequency range from 0 to 30 kHz. 1989; DIN VDE 0848- 4.
- 14) Bernhardt JH, Haubrich HJ, Newi G, Krause N, Schneider KH. Limits for electric and magnetic fields in DIN VDE standards; considerations for the range 0 to 10 kHz. SIGRE, International Conference on Large High Voltage Electric Systems, Paris: 1986; Paper 36-10: 1-9.
- 15) Dimbylow PJ. Finite difference calculations of current densities in a homogeneous model of man exposed to extremely low frequency electric fields. *Bioelectromagnetics* 1987; 8: 355-375.
- 16) Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique. Human exposure to electromagnetic fields, high frequency (0 Hz to 10 kHz). CENELEC Standard ENV 50166- 1. 1995
- 17) National Radiation Protection Board. Board statement on restriction on human exposure to static and time varying electromagnetic fields and radiation. Documents of the NRPB 1993; 4: 1-69.
- 18) Bernhardt JH. Evaluation of human exposure to low frequency fields. The impact of proposed radiofrequency radiation standards on military operations. Neuilly-sur-Seine: North Atlantic Organization; AGARD Lecture Series No 138. 1985; 8.1-8.18.
- 19) Reilly JP. Maximum pulsed electromagnetic field limits based on peripheral nerve stimulation: application to IEEE/ANSI C 59.1 Electromagnetic field standards. *IEEE Transact Biomed Eng* 1998; 45: 137-141.
- 20) National Academy of Science / National Research Council. Possible health effects of exposure to residential electric and magnetic fields. National Research Council, Washington: National Academy Press, 1996.
- 21) Hendee WR, Roteler JC. The question of health effects from exposure to electromagnetic fields. *Health Phys* 1994; 66: 127-136.
- 22) Polk C, Postow E. Biological effects of electromagnetic fields, 2nd ed. Boca Raton, FL; CRC Press; 1996
- 23) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 1998; 74: 494-522.
- 24) Astridge PS, Kaye GC, Whitworth S, Kelly P, John Camm A, John Perrins E. The response of implanted dual chamber pacemakers to 50 Hz external electrical interference. *Pace* 1993; 16: 1966-1974
- 25) 電気通信技術審議会答申, 諮問第38号「電波利用における人体の防護指針」1990.
- 26) American National Standards Institute / Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Standards for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz (IEEE C95.1-1991). New York, NY (1992).
- 27) Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique. Human exposure to electromagnetic fields, high frequency (10 kHz to 300 GHz). CENELEC Standard ENV 50166- 2. 1995.
- 28) International Commission on Non-ionizing Radiation Protection. Health issue related to the use of hand-held radiotelephones and base transmitters. *Health Phys* 1996; 70: 587-593.
- 29) Repacholi MH. Low-level exposure to radiofrequency fields: health effects and research needs. *Bioelectromagnetics* 1998; 19: 1-19.
- 30) Kavet R. EMF and current cancer concepts. *Bioelectromagnetics* 1996; 17: 339-357.
- 31) Ruggera PS, Witters DM, Bassen HI. In vitro testing of pacemakers for digital cellular phone electromagnetic interference. *Biomed Instrum Technol* 1997; 31: 358-371.
- 32) Wilke A, Grimm W, Funck R, Maisch B. Influence of D-Net (European GSM-Standard) cellular phones on pacemaker function in 50 patients with permanent pacemakers. *Pace* 1996; 19: 1456-1458.
- 33) Bassen HI, Ruggera PS, Witters DM, Casamento JP. Evaluation of radiofrequency interference with medical devices from mobile communications transceivers. BEMS Abstract book of 16th Annual Meeting, Copenhagen, Denmark, June 12-17, 1994; I- 1 - 9.
- 34) American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 1997 Threshold limit values for chemical substances and physical agents, and biological exposure indices. ACGIH, Cincinnati, 1997.

別表：主な規制値との比較

周波数	ACGIH '97 (34)			ICNIRP '98 (23)			CENELEC '95 (16, 27)											
	電場	磁場	電力密度	電場	磁場	電力密度	電場	磁場	電力密度									
0-0.1 Hz	25[kV/m]	60[mT]		20000 [V/m]	200 [mT]		30[kV/m]	2[T]										
0.1-0.23 Hz								1.4[T]										
0.23-0.25 Hz								320/f [mT]										
0.25-0.4 Hz																		
0.4-1 Hz								60/f[mT]										
1-4 Hz																		
4-8 Hz																		
8-24 Hz											25/f [mT]							
24-25 Hz																		
25-50 Hz																		
50-100 Hz	2.5×10 ⁶ /f [V/m]	0.2[mT]		500/kf [V/m]	25/kf [μT]		1500/f [kV/m]	80/f [mT]										
100-150 Hz																		
150-250 Hz																		
250-300 Hz																		
300-500 Hz																		
500-600 Hz																		
600-814 Hz																		
814-820 Hz																		
820-1000 Hz																		
1000-1500 Hz																		
1.5-3 kHz	614 [V/m]	163 [A/m]		610 [V/m]	30.7 [μT]		1[kV/m]	0.053[mT]										
3-4 kHz																		
4-10 kHz							625 [V/m]	42[A/m]										
10-30 kHz																		
30-38 kHz							614 [V/m]	16.3/Mf [A/m]		610 [V/m]	1.6/Mf [A/m]		1000[V/m]					
38-60 kHz																		
60-61 kHz																		
61-65 kHz																		
65-100 kHz																		
100-535 kHz																		
535-600 kHz	1842/Mf [V/m]	16.3/Mf [A/m]		610/Mf [V/m]			1.6/Mf[A/m]											
0.6-1 MHz																		
1-3 MHz																		
3-10 MHz																		
10-12 MHz																		
12-30 MHz																		
30-100 MHz							61.4 [V/m]	0.163 [A/m]	10[W/m ²]	61[V/m]	0.16[A/m]	10[W/m ²]	61.4[V/m]	0.16[A/m]	10[W/m ²]			
100-200 MHz																		
200-300 MHz																		
300-400 MHz																		
400-800 MHz																		
0.8-1.55 GHz	Mf/30 [W/m ²]			3×Mf ^{0.5} [V/m]	0.008×Mf ^{0.5} [A/m]	Mf/40 [W/m ²]							3.07×Mf ^{0.5} [V/m]	814×10 ⁻³ Mf ^{0.5} [A/m]	Mf/40 [W/m ²]			
1.55-2 GHz																		
2-3 GHz																		
3-15 GHz				100 [W/m ²]									137 [V/m]	0.36 [A/m]	50 [W/m ²]	137[V/m]	0.364[A/m]	50[W/m ²]
15-150 GHz																		
150-300 GHz							0.354×f ^{0.5} [V/m]	9.4×10 ⁻⁴ Mf ^{0.5} [A/m]	3.33×10 ⁻⁴ Mf [W/m ²]									

注：各案の括弧内は文献#, f=Hz, kf=kHz, Mf=MHz, Gf=GHz

(Limits)

場 規 制 値 の 比 較

NRPB '93 (17)			ANSI/IEEE '92 (26)			郵政省 '90 (25)			日本産業衛生学会 '98			
電 場	磁 場	電力密度	電 場	磁 場	電力密度	電 場	磁 場	電力密度	電 場	磁束密度	磁場強度	電力密度
25[kV/m]	200[mT]								20[kV/m]	200[mT]	1.63×10^4 [A/m]	
	600/kf [V/m]									80/f[mT]	500f[kV/m]	
1000 [V/m]		0.08[mT]	610 [V/m]	0.2 [mT]	614[V/m]	163[A/m]	614[V/m]	614[V/m]	0.1[mT]	81.4[A/m]		
	610 [V/m]								20/Mf [μT]	4.9/Mf [A/m]	6/Mf [μT]	
600/kf [V/m]	0.023/Mf ² [mT]	6.6[W/m ²]	1800/Mf [V/m]	20/Mf [μT]	614[V/m]	1842/Mf [V/m]	1842/Mf [V/m]	1842/Mf [V/m]	1842/Mf [V/m]			
50[V/m]	0.13[A/m]		61[V/m]	20/Mf[μT]		61.4[V/m]						
250×Gf [V/m]	0.66×Gf [A/m]	165×(Gf) ² [W/m ²]	3.5×Mf ^{0.5} [V/m]	0.012×Mf ^{0.5} [μT]	Mf/30 [W/m ²]	3.54×Mf ² [V/m]	(Mf) ^{0.5} /106 [A/m]	MF/30 [W/m ²]	3.07×(Mf) ^{0.5} [V/m]	0.01×(Mf) ^{0.5} [μT]	$8.14 \times 10^{-3} \times (\mu f)^{0.5}$ [A/m]	Mf/40 [W/m ²]
100[V/m]	0.26[A/m]	26[W/m ²]										
125×Gf [V/m]	0.33×Gf [A/m]	41×(Gf) ²										
194[V/m]	0.52[A/m]	100[W/m ²]	190 [V/m]	0.65 [μT]	100 [W/m ²]	137[V/m]	0.965[A/m]	50[W/m ²]	137[V/m]	0.447[μT]	0.364[A/m]	50[W/m ²]

(Controlled environments maximum permissible exposure)

(Occupational Exposure Limit-Mean)

(産衛誌40巻187頁)